

Influenza del fotoperiodo sul ciclo di sviluppo di *Chrysopa flavifrons* Brauer (Neuroptera, Chrysopidae) ⁽¹⁾ ⁽²⁾.

INTRODUZIONE

Chrysopa flavifrons ⁽³⁾ è una specie diffusa in quasi tutta l'Europa e nei paesi del Bacino del Mediterraneo. In Italia risulta abbastanza comune dal livello del mare fino a quote di 1000 m. Le immagini frequentano numerose piante arboree e arbustive e hanno regime dietetico glicifago e pollinifago. Nel loro canale alimentare, dopo la cattura, è costantemente visibile un contenuto fluido, informe, e talora ammassi di polline (Carli Silvani, 1971). Le ovature sono piuttosto caratteristiche perchè, come è noto, sono costituite da un certo numero di germi (di color biancastro appena deposti) i cui peduncoli per un tratto notevole sono accollati gli uni agli altri, così da formare una specie di mazzetto. In natura si possono contare fino a 15-30 uova per ovatura. Le larve, predatrici come è la regola nell'ordine dei Neurotteri, appartengono al gruppo delle così dette « porta-fardello » perchè per tutta la durata della loro vita, fino alla filatura del bozzolo, trasportano, saldamente ancorati alle setole dorsali del corpo, frammenti di materiale di diversa natura e origine che, nell'insieme, formano un coerente ammasso subemisferico. Uno studio morfologico ed etologico dei vari stati di sviluppo è stato pubblicato da Principi una ventina di anni orsono (Principi, 1956b).

In tale studio sono messe in evidenza, tra l'altro, le modalità del ciclo biologico, da cui risulta che nel nostro Paese la specie in esame svolge tre generazioni all'anno, con ibernamento allo stadio di larva di terza età ancora priva del bozzolo o, meno frequentemente, di quella di seconda età. Insieme con le larve della 3ª generazione può attraversare l'inverno qualche ritardataria della generazione precedente. Esse rimangono a lungo completamente inattive, nascoste in ripari vari offerti dall'ambiente. Ma nelle giornate più

⁽¹⁾ Contributi allo studio dei Neurotteri italiani, XX.

⁽²⁾ Studi del gruppo di lavoro del C.N.R. per la lotta integrata contro i nemici animali delle piante, CLIV.

⁽³⁾ Hölzel (1970), in una revisione della classificazione generica delle Chrysopinae paleartiche, trasferisce la specie *flavifrons* Brauer (insieme con numerose altre affini) dal genere *Chrysopa* Leach, 1815, al genere di più recente istituzione *Anisochrysa* Nakahara, 1955, e la pone nel sottogenere omonimo (specie tipica del genere: *Anisochrysa basalis* Walker).

tiepide ed in luoghi esposti al sole non è difficile vederle riprendere qualche movimento e succhiare gocce d'acqua o affrontare la cattura di una piccola preda. Anche durante la buona stagione rivelano d'altronde di possedere una certa resistenza al digiuno e il loro sviluppo si svolge in un periodo un poco più lungo di quello impiegato dalle larve di altre specie che vivono senza fardello di protezione. Dalla schiusura alla filatura del bozzolo è richiesto in natura da un minimo di una ventina di giorni nei mesi di luglio-agosto, ad un massimo di $6\frac{1}{2}$ -9 mesi per le larve che attraversano l'inverno. Le prime immagini si vedono volare fin dall'inizio di maggio; le ultime fino ai primi di novembre. La durata di una intera generazione occupa da un minimo di 45-50 giorni fino ad un massimo di oltre nove mesi, se la generazione è destinata all'ibernamento.

Alla luce delle recenti ricerche compiute sugli Insetti per mettere in evidenza i vari aspetti della condizione di « dormienza » e le situazioni fisiologiche e di comportamento che corrispondono ad essi, ci si è proposti di sottoporre ad indagine sperimentale lo sviluppo della specie nominata nel suo intero ciclo, per controllare l'influenza dei fattori ambientali sui vari stati che lo rappresentano e per poter definire il tipo di riposo proprio delle larve ibernanti. Le ricerche sono tuttora in corso; in questa prima nota si riferisce su un primo lotto di esperimenti compiuti per individuare l'azione esercitata dal fotoperiodo.

È oramai ben noto quale importanza abbia tale fattore come regolatore dei cicli degli Insetti e come la sua azione, tramite le cellule del sistema nervoso, possa determinare risposte di vario tipo sui diversi stati dell'ontogenesi, fino alla induzione di quella particolare situazione fisiologica indicata con il nome di diapausa (Beck, 1968; Danilevskii, 1965; De Wilde, 1970, 1975; Doane, 1973; Mansingh, 1971; Williams, 1969; Zaslavsky, 1974, fra i nomi di coloro che con maggior rilievo hanno riferito da un punto di vista generale sull'argomento). Già vari Autori hanno aggredito il problema della diapausa nell'ambito dei Crisopidi e per specie in cui la sospensione di attività durante i mesi invernali riguarda l'immagine (per *Chrysopa carnea* Steph. cfr.: Honěk 1973a, 1973b; Honěk e Hodek, 1973; Kowalska, 1971a, 1971b; MacLeod, 1967; Sheldon e MacLeod, 1974a, 1974b; Tauber e Tauber, 1969, 1970a, 1970b, 1972a, 1973b; Tauber, Tauber e Denys, 1970a, 1970b; per *C. mohave* Banks ⁽¹⁾ cfr.: Tauber e Tauber, 1973a; per *C. harrisii* Fitch. cfr.: Tauber e Tauber, 1974); oppure la larva chiusa nel bozzolo (per *Chrysopa formosa* Brauer cfr.: Principi, 1947; per *C. oculata* Say cfr.: Propp, Tauber e Tauber, 1969; per *C. nigricornis* Burm. cfr.: Tauber e Tauber, 1972b; per *C. perla* L. cfr.: Canard, 1973). Ma, come è stato messo in evidenza da Prin-

⁽¹⁾ Dagli stessi Autori considerata in seguito come una sottospecie di *Chrysopa carnea* (Tauber e Tauber, 1973c).

cipi e Castellari, 1970, in base a ricerche precedentemente rese note, l'ibernamento in alcune specie di Crisopidi può avvenire allo stato di larva libera (ad esempio nella ricordata *C. flavifrons*), o (in *Hypochrysa pernobilis* Tjeder) allo stato di pupa (Principi, 1956a).

Le ricerche sperimentali in corso, su cui qui si riferisce, convergono appunto su quel gruppo di specie le cui larve ibernano libere e su cui, per quanto riguarda l'influenza esercitata dal fotoperiodo, non ci risulta che fino ad ora sia stata rivolta l'attenzione.

MATERIALE E METODO

Gli esemplari utilizzati nella sperimentazione appartengono alla seconda generazione (ed eventualmente alla terza) derivata da esemplari catturati nella terza decade di agosto, su *Quercus Ilex*, presso il litorale toscano e precisamente a Quercianella, in provincia di Livorno.

Per i rilievi sullo sviluppo preimmaginale si sono utilizzate quasi esclusivamente due camere climatizzate in muratura contigue, in cui erano mantenute identiche condizioni di temperatura ($21^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$) e di UR ($80 \pm 5\%$) ed il cui fotoperiodo era regolato, in una, con fotofase di 16 h e, nell'altra, con fotofase di 12 h. I vari stati di sviluppo venivano così traslocati da una camera all'altra nei momenti in cui la sperimentazione (iniziata con una sessantina di uova per prova) prevedeva il cambiamento di fotoperiodo.

I rilievi sugli adulti sono stati, invece, compiuti prevalentemente durante un allevamento svoltosi in un anno precedente (ma derivato da esemplari catturati nella stessa località e stagione) e in altra camera climatizzata, dove un particolare sistema di comparti permetteva la disponibilità dei due fotoperiodi indicati. In essa si aveva pressochè la stessa situazione per la UR, ma la temperatura fu costantemente più bassa di $1^{\circ}\text{-}2^{\circ}\text{C}$. Si utilizzarono in tale allevamento 10 coppie per la prova a fotofase di 16 h e solo 5 coppie per quella a fotofase di 12 h. In ambedue gli allevamenti le generazioni iniziali, non destinate agli esperimenti, subirono esclusivamente l'esposizione a fotofase di 16 h.

Gli adulti, appena sfarfallati, venivano riuniti in coppie, ognuna in un contenitore cilindrico di vetro di cm 15 di lunghezza \times cm 6 di diametro, aperto alle estremità dove erano fissati due dischi di tela leggera a maglie fini. Nell'interno si sostituiva giornalmente un rettangolo di pergamino paraffinato, della larghezza circa del diametro del contenitore, su cui si trovava la dieta alimentare offerta. In un primo tempo essa fu costituita esclusivamente da estratto di lievito di birra (Bacto Yeast Extract « Difco ») diluito in acqua distillata con aggiunta di levulosio ⁽¹⁾, ma, dopo ripetuti insuccessi

⁽¹⁾ Tale dieta aveva permesso in *Chrysopa carnea* Steph. la produzione di uova fertili.

in cui non si ebbe ovideposizione, si ricorse alla integrazione di tale dieta con piccoli cubetti, di meno di 1 cm di lato, di polpa fresca di banana ⁽¹⁾. Si ebbe così lo svolgimento regolare della riproduzione.

Le larve sono state allevate ciascuna isolatamente (ciò era necessario, oltre che per evitare fenomeni di cannibalismo, per il rilievo della esuvia al momento della muta) in tubetti di vetro di circa cm 8,5 di lunghezza \times cm 1,8 di diametro, chiusi con un tampone di cotone idrofilo. Giornalmente era sostituito nel tubetto un piccolo rettangolo di pergamino con il cibo costituito da larve di *Ephestia kuehniella* Zell. provenienti da un allevamento condotto a parte. Le larve molto piccole erano somministrate intere, le più grandi a pezzi.

RISULTATI

Longevità delle immagini, periodo di preovideposizione, fecondità e numero di germi per ovatura.

La longevità degli adulti, nelle condizioni di allevamento prima riferite, ha oscillato intorno a valori medi compresi tra 52 e 55 giorni (fig. I,1). Non vi sono differenze statisticamente significative tra le medie rilevate, separatamente per ciascun sesso, nei due fotoperiodi sperimentati e neppure, allo stesso fotoperiodo, tra quelle rilevate per ciascun sesso. I valori massimi sono stati raggiunti da individui esposti a fotofase di 16 h (68 e 72 giorni, rispettivamente per maschi e femmine). Quelli raggiunti a fotofase di 12 h sono stati di 62 e 60 giorni, sempre rispettivamente per maschi e femmine.

Il periodo di preovideposizione si è aggirato intorno al valore medio di 9,6 giorni per fotofase di 16 h e di 9,0 per fotofase di 12 h (fig. I,2). Tra le due medie non vi è differenza significativa.

Per quanto riguarda la fecondità, si è appurato che esiste una stretta correlazione tra il numero dei germi depositi durante l'intero periodo di ovideposizione e il numero di giorni di tale periodo. Sottoponendo i dati all'analisi della correlazione lineare si è ottenuto infatti un coefficiente di $r = 0,981$ per le femmine a lunga fotofase e di $r = 0,918$ per quelle a breve fotofase. I valori sono alti per entrambi e significativamente diversi da 0. D'altra parte il periodo di ovideposizione presenta la media in giorni di 42,600 per fotofase di 16 h e di 40,600 per fotofase di 12 h (fig. I,3). Tra dette medie non esiste differenza significativa. E così pure non vi è alcuna differenza significativa tra

⁽¹⁾ Allo scopo servono anche i frutti di alcune Rosacee coltivate (Pomoidee e Prunoidee). Ma quelli del banano (in Africa, Somalia, sono coltivate principalmente la *Musa sapientum* e la *M. paradisiaca*, mentre nelle Canarie è coltivata la *M. nana*) hanno dato i risultati migliori e rappresentano inoltre un prodotto sempre disponibile nei nostri mercati e con cui, quindi, si può garantire l'approvvigionamento uniforme in tutti i mesi dell'anno.

i valori medi del numero di germi deposti durante l'intero periodo (fig. I,4) (media di 295,5, con massimo di 365, per fotofase di 16 h e media di 282,4, con massimo di 348, per fotofase di 12 h), nè tra i valori medi del numero cumulativo di germi per femmina deposti nei primi 25 giorni (Fig. II) ai due fotoperiodi.

Si è tuttavia osservato che i giorni effettivi di ovideposizione (le femmine non hanno deposto con continuità tutti i giorni) andavano da un minimo di 8 a un massimo di 20 per le femmine sottoposte a lunga fotofase e da un minimo di 12 a un massimo di 24 per quelle sottoposte a breve fotofase. Appariva cioè che le ultime deponevano le loro ovature con frequenza maggiore (figg. III e IV). In relazione a ciò si è appurato che esse depongono in realtà ovature con un numero di germi di solito inferiore rispetto a quello delle ovature di femmine a lunga fotofase.

Infatti l'analisi della correlazione lineare tra il numero di ovature deposte da ogni femmina e il numero medio di germi per ovatura ha messo in evidenza che tra i due valori non vi è rapporto di dipendenza ($r = 0,198$ per fotofase di 16 h e $r = 0,195$ per fotofase di 12 h). Viceversa è molto elevato il coefficiente di correlazione tra il numero di uova deposte da ogni femmina e il numero delle ovature in cui esse vengono distribuite ($r = 0,980$ per fotofase di 16 h e $r = 0,986$ per fotofase di 12 h). Tra le medie del numero di germi per ovatura, di 9,640 per fotofase di 16 h e di 8,680 per fotofase di 12 h, esiste infine una differenza altamente

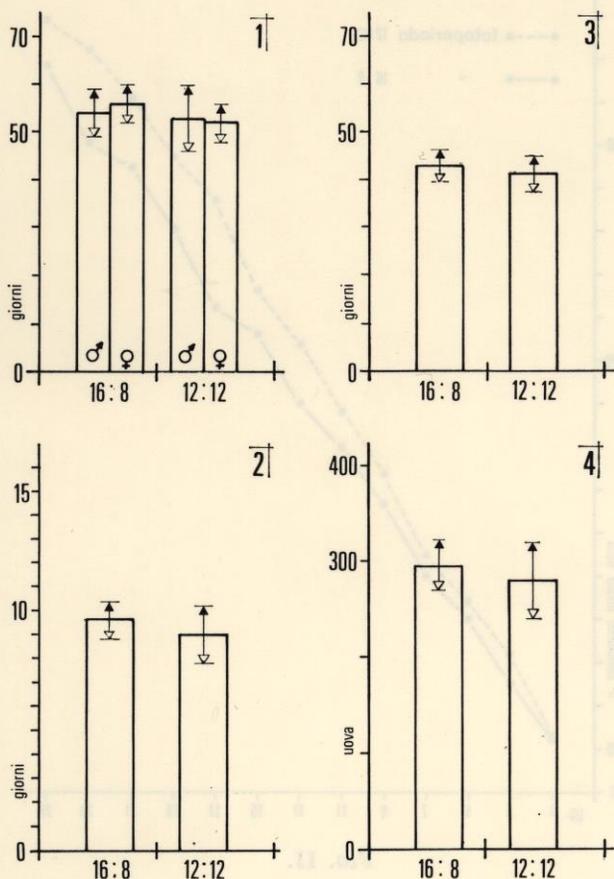


FIG. I.

Chrysopa flavifrons Brauer. - 1. Valori medi della longevità nei due regimi fotoperiodici (16:8 e 12:12) sperimentati dalle immagini. - 2. Lunghezza media del periodo di preovideposizione (come nel n. 1). - 3. Lunghezza media del periodo di ovideposizione (come nel n. 1). - 4. Numero medio di uova deposte (come nel n. 1). In tutte le figure ciascuna linea verticale rappresenta l'errore standard di ogni media.

significativa (con probabilità minore dell'1%). Tale comportamento, del resto, è risultato evidente anche dal confronto statistico dei dati del secondo allevamento svoltosi in un anno successivo (nella fig. V sono rappresentati i risultati della elaborazione dei dati di ambedue gli esperimenti).

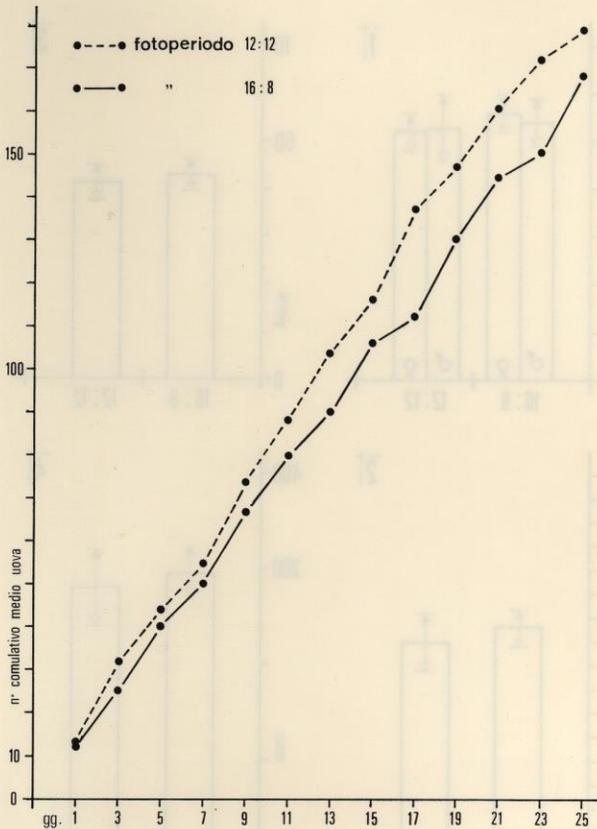


FIG. II.

Chrysopa flavifrons Brauer. — Numero cumulativo medio di uova per femmina, deposte nei primi venticinque giorni, nei due regimi fotoperiodici sperimentati (16:8 e 12:12).

Incubazione e sviluppo larvale.

Per studiare l'influenza del fotoperiodo sui vari stati dello sviluppo pre-immaginale, in dipendenza anche dell'esperienza fotoperiodica dei genitori, si sono predisposte sei prove, impostate come è messo in evidenza dalla tab. 1.

Con due di esse si è sottoposto l'intero ciclo di una generazione, da sfarfallamento a sfarfallamento, ad un fotoperiodo con lunga fotofase (di 16 h) e ad uno con breve fotofase (di 12 h). Con le altre quattro prove si è voluto indagare se sullo sviluppo larvale influisca il fotoperiodo sperimentato dagli stadi precedenti. Si sono mantenuti cioè solo gli adulti, o gli adulti e le uova, ad un fotoperiodo diverso da quello a cui si sono sotto-

poste larve e pupe.

La grande variabilità nelle risposte ottenute per ogni singolo stadio larvale va probabilmente imputata, per lo meno in buona parte, alla eterogeneità genetica della popolazione. Una certa mortalità, verificatasi prevalentemente nelle larve con periodo di sviluppo più lungo, può avere poi concorso nel modificare un poco i risultati. Con altre sperimentazioni si cercherà la spiegazione di alcuni comportamenti ancora non chiaramente definibili.

Il periodo di incubazione si è aggirato in tutte le sei prove intorno ai 7 giorni, con minimo di 6 e massimo di 8.

Per quanto riguarda lo sviluppo larvale, la prima età ha rivelato nelle sei

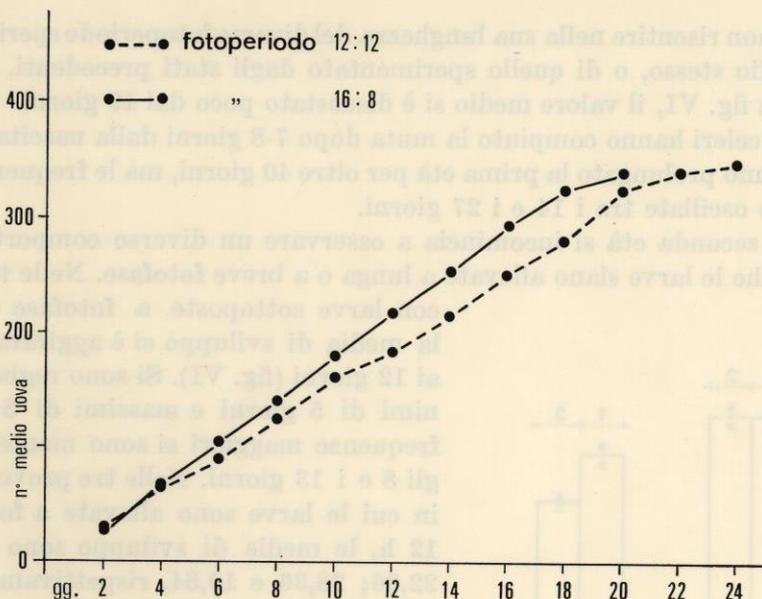


FIG. III.

Chrysopa flavifrons Brauer. — Numero cumulativo medio di uova per femmina, deposte nei giorni effettivi di ovideposizione, nei due regimi fotoperiodici sperimentati (16:8 e 12:12) ⁽¹⁾.

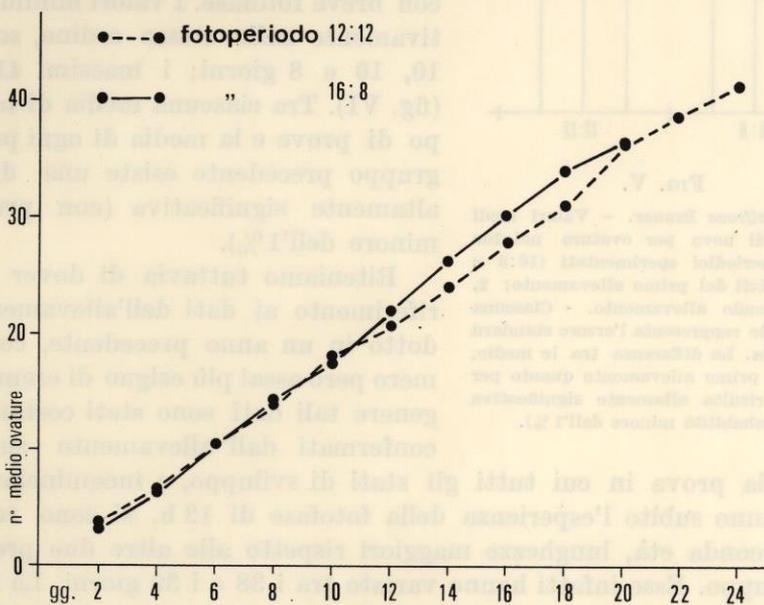


FIG. IV.

Chrysopa flavifrons Brauer. — Numero cumulativo medio di ovature per femmina, deposte nei giorni effettivi di ovideposizione, nei due regimi fotoperiodici sperimentati (16:8 e 12:12).

⁽¹⁾ Nella fig. III le linee che uniscono i valori del numero di uova deposte nei diversi giorni, si trovano a livelli invertiti rispetto a quanto si può osservare nella fig. II, perchè nella fig. III, avendo considerato solo i giorni effettivi di ovideposizione, le ovideposizioni stesse risultano distribuite in un periodo più breve.

prove di non risentire nella sua lunghezza del diverso fotoperiodo sperimentato dallo stadio stesso, o di quello sperimentato dagli stati precedenti. Come si vede nella fig. VI, il valore medio si è discostato poco dai 19 giorni. Gli individui più celeri hanno compiuto la muta dopo 7-8 giorni dalla nascita, i ritardatari hanno prolungato la prima età per oltre 40 giorni, ma le frequenze maggiori sono oscillate tra i 14 e i 27 giorni.

Con la seconda età si incomincia a osservare un diverso comportamento, secondo che le larve siano allevate a lunga o a breve fotofase. Nelle tre prove

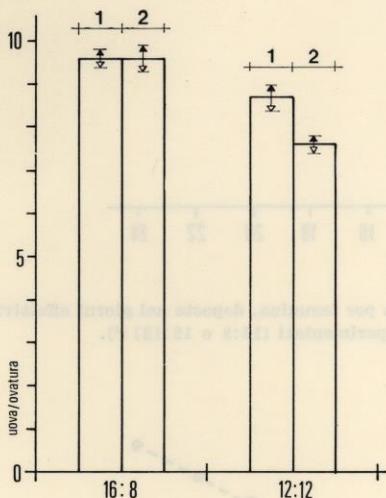


FIG. V.

Chrysopa flavifrons Brauer. - Valori medi del numero di uova per ovatura nei due regimi fotoperiodici sperimentati (16:8 e 12:12): 1, dati del primo allevamento; 2, dati del secondo allevamento. - Ciascuna linea verticale rappresenta l'errore standard di ogni media. La differenza tra le medie, tanto per il primo allevamento quanto per il secondo, risulta altamente significativa (con probabilità minore dell'1%).

con larve sottoposte a fotofase di 16 h, la media di sviluppo si è aggirata intorno ai 12 giorni (fig. VI). Si sono registrati minimi di 5 giorni e massimi di 34, ma le frequenze maggiori si sono mantenute tra gli 8 e i 13 giorni. Nelle tre prove, invece, in cui le larve sono allevate a fotofase di 12 h, le medie di sviluppo sono state di 22,96; 28,36 e 19,84, rispettivamente per individui in cui solo le larve, oppure le uova e le larve, o gli adulti, le uova e le larve hanno sperimentato il fotoperiodo con breve fotofase. I valori minimi, rispettivamente nello stesso ordine, sono stati 10, 10 e 8 giorni; i massimi 41, 77, 49 (fig. VI). Tra ciascuna media di tale gruppo di prove e la media di ogni prova del gruppo precedente esiste una differenza altamente significativa (con probabilità minore dell'1%).

Riteniamo tuttavia di dover fare qui riferimento ai dati dell'allevamento condotto in un anno precedente, con un numero però assai più esiguo di esemplari. In genere tali dati sono stati costantemente confermati dall'allevamento successivo.

Ma per la prova in cui tutti gli stati di sviluppo, a incominciare dall'adulto, hanno subito l'esperienza della fotofase di 12 h, si sono registrate, per la seconda età, lunghezze maggiori rispetto alle altre due prove dello stesso gruppo. Esse infatti hanno variato tra i 38 e i 39 giorni. La media di 19,84 dell'allevamento più recente potrebbe aver subito un abbassamento per una certa mortalità, causata da un accidente non individuato e verificatosi nella 2ª muta, che ha forse eliminato gli individui ritardatari.

Per il periodo di sviluppo della terza età, che va dalla 2ª muta alla filatura del bozzolo, si è manifestato nelle larve allevate a fotofase di 12 h un prolungamento marcatamente più accentuato. Contemporaneamente esse acqui-

TABELLA 1. — Influenza del fotoperiodo sullo sviluppo postembrionale di *Chrysopa flavifrons*.

Regime fotoperiodico subito dai vari stati dell'ontogenesi			Medie in giorni (con relativo errore standard) registrate nel corso dello sviluppo postembrionale						
Adulti	Uova	Larve e pupe	Larva e eopupa					Pupa	Dalla nascita allo sfarfallamento
			Dalla nascita alla 1 ^a muta	Dalla 1 ^a alla 2 ^a muta	Dalla 2 ^a muta alla filatura del bozzolo	Dalla nascita alla filatura del bozzolo	Dalla filatura del bozzolo alla 3 ^a muta		
16: 8	16: 8	16: 8	19,53 ± 0,86	11,81 ± 1,008	10,74 ± 0,53	41,38 ± 1,41	7,48 ± 0,29	14,62 ± 0,41	59,82 ± 2,17
12:12	16: 8	16: 8	19,86 ± 1,14	12,85 ± 0,80	12,11 ± 0,67	41,28 ± 1,53	6,70 ± 0,45	10,29 ± 0,50	58,23 ± 2,69
12:12	12:12	16: 8	19,13 ± 1,15	12,20 ± 0,68	11,34 ± 0,76	42,57 ± 1,48	8,48 ± 0,50	11,78 ± 0,55	60,53 ± 1,95
16: 8	16: 8	12:12	19,01 ± 0,76	22,96 ± 0,82	146,08 ± 12,70	189,65 ± 12,36	10,63 ± 0,36	14,37 ± 0,46	192,29 ± 12,44
16: 8	12:12	12:12	19,96 ± 0,70	28,36 ± 1,68	149,87 ± 12,77	195,22 ± 13,47	12,13 ± 0,83	13,58 ± 0,66	188,14 ± 14,41 ⁽¹⁾
12:12	12:12	12:12	18,78 ± 0,88	19,84 ± 1,52	170,07 ± 16,77	206,84 ± 17,31	10,47 ± 0,58	14,71 ± 1,007	185,45 ± 17,59 ⁽¹⁾

stano un aspetto particolare, con addome al dorso di color grigio azzurrastro e con il tegumento più disteso, e rimangono a lungo immobili, aggrappate al pergamino immesso nel tubo o al cotone del turacciolo, senza prendere cibo. Tuttavia, a intervalli di giorni, qualche pasto è per loro necessario. Con un digiuno troppo prolungato finiscono per morire.

La lunghezza media di tale periodo, nelle tre prove con larve mantenute a fotofase di 16 h, è stata di 10,74; 12,11; 11,34 giorni, rispettivamente con adulti, uova e larve a lunga fotofase, con solo adulti a breve fotofase, con adulti e uova a breve fotofase. I valori minimi sono scesi fino ai 5-6 giorni; i massimi hanno raggiunto i 19-21 giorni. Tra le medie non si è rilevata alcuna differenza significativa.

Nelle prove con larve mantenute a fotofase di 12 h le medie in giorni si sono invece presentate molto più elevate: 146,08 (min. 39, mass. 318); 149,87 (min. 61, mass. 313); 170,07 (min. 60, mass. 362), rispettivamente per le prove in cui le sole larve, oppure uova e larve, o adulti, uova e larve hanno speri-

⁽¹⁾ Questa media risulta inferiore a quella ottenuta per l'intero sviluppo larvale. La causa di ciò va ricercata nella mortalità verificatasi nei bozzoli, che ha eliminato probabilmente gli individui ritardatari.

mentato la fotofase breve (fig. VI). Le differenze sono chiaramente evidenti

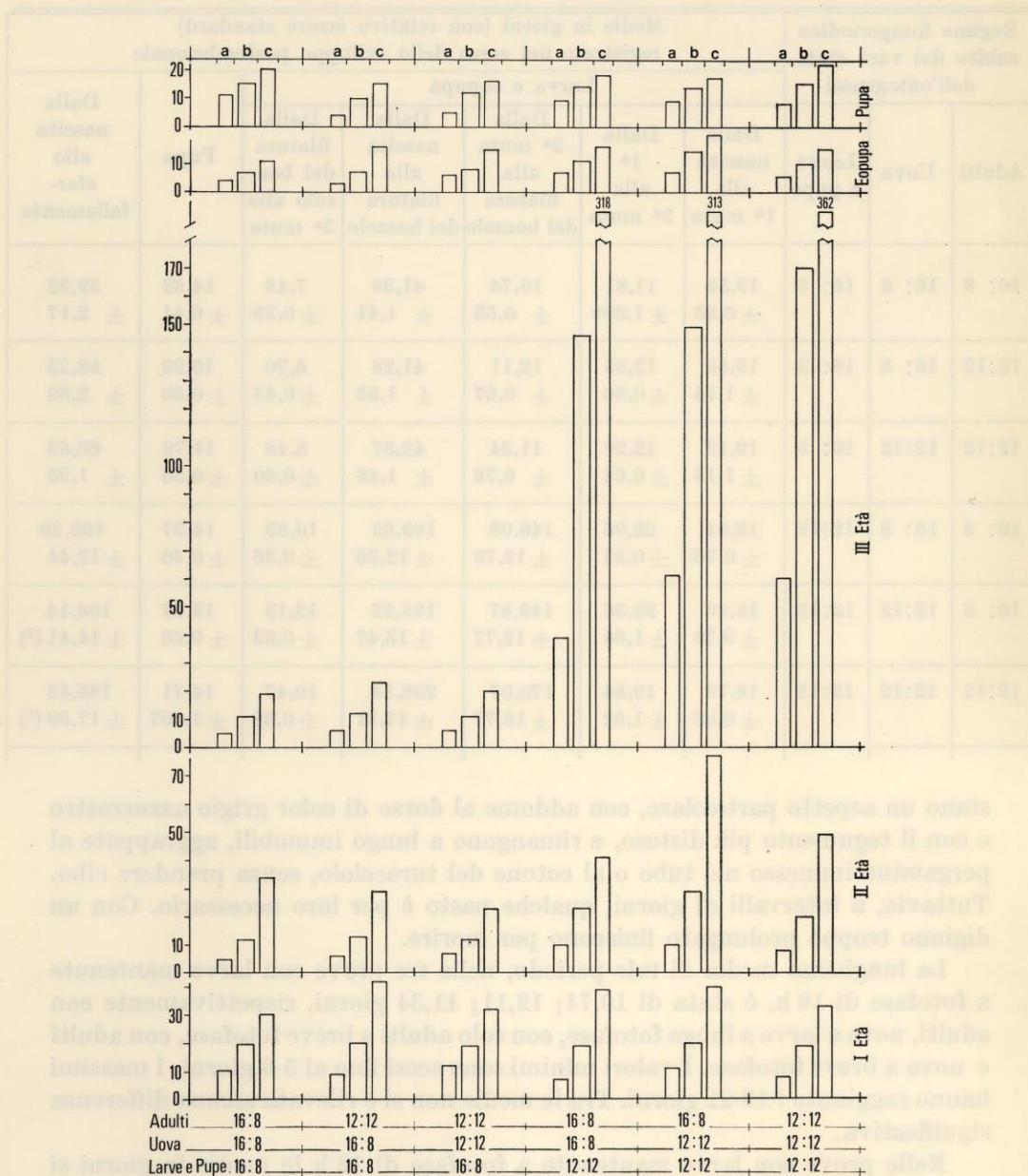


FIG. VI.

Chrysopa flavifrons Brauer. — Lunghezza in giorni delle singole età larvali (per la terza età fino alla filatura del bozzolo), dello stato di copupa (dalla filatura del bozzolo alla terza muta) e di quello di pupa, nelle sei prove in cui i due regimi fotoperiodici sperimentati (16:8 e 12:12) sono stati differenzialmente distribuiti per i vari stadi di sviluppo (come è indicato alla base della figura): a) valore minimo; b) valore medio; c) valore massimo.

rispetto alle medie del primo gruppo. Non si sono invece rilevate differenze

statisticamente significative tra le medie dello stesso gruppo a fotofase di 12 h, anche se, apparentemente, si può notare un leggero progressivo aumento man mano che l'esperienza a breve fotofase interessa una parte più estesa del ciclo.

Se prendiamo, infine, in considerazione l'intero sviluppo larvale, dalla nascita alla filatura del bozzolo, si vede che per il gruppo di prove in cui le larve sono state mantenute a lunga fotofase, le medie si sono aggirate tra i 41 e i 42 giorni (con minimi di 28-31 e massimi di 56-62). Mentre per le larve che hanno sperimentato la fotofase breve le medie in giorni hanno presentato i valori di 189,65 (min. 96, mass. 365); 195,22 (min. 95, mass. 372); 206,84

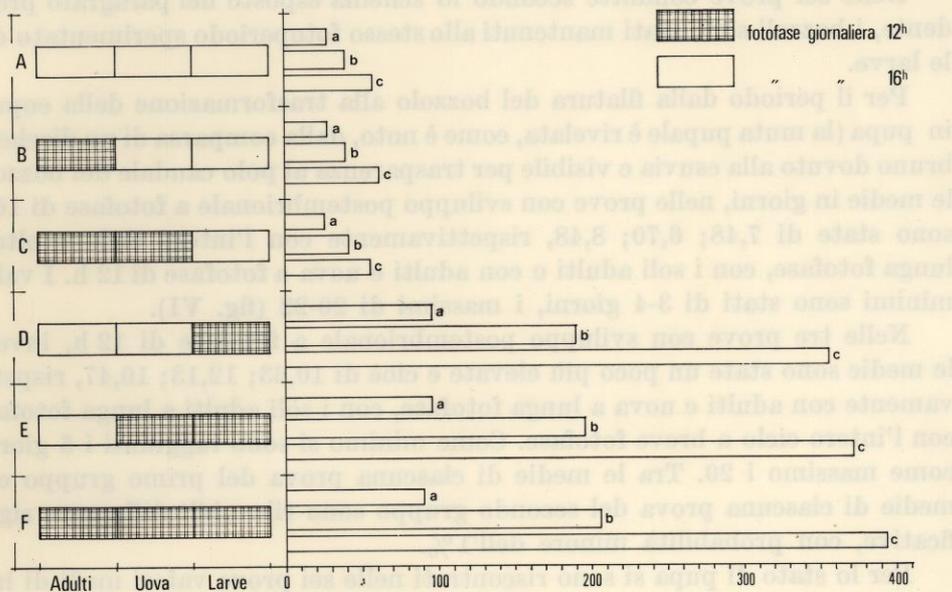


FIG. VII.

Chrysopa flavifrons Brauer. — Lunghezza dell'intero sviluppo larvale nelle sei prove (A-F) in cui i due regimi fotoperiodici sperimentati (16:8 e 12:12) sono stati diversamente distribuiti per i vari stati di sviluppo (come risulta indicato nella figura): a) valore minimo; b) valore medio; c) valore massimo.

(min. 89, mass. 393), rispettivamente per le prove con solo larve, oppure uova e larve, o adulti, uova e larve a fotofase di 12 h (fig. VII). La differenza tra il comportamento dei due gruppi è sempre marcatamente evidente. Non si è invece rilevata alcuna differenza significativa tra le medie delle tre prove con larve mantenute a breve fotofase, anche se apparentemente si può notare il leggero progressivo aumento già messo in risalto per la lunghezza della terza età.

Vale la pena di segnalare alcuni dati ottenuti nell'allevamento precedente già ricordato. In questo l'intero sviluppo delle larve, nella prova completamente svoltasi a fotofase di 16 h, ha presentato valori minimi di 23 giorni

(rispetto al minimo di 28 dell'allevamento successivo). Inoltre per le larve mantenute a breve fotofase, nella prova in cui adulti e uova erano stati sottoposti alla fotofase di 16 h, alcuni individui sono stati capaci di imbozzalarsi dopo soli 38-48 giorni dalla nascita (rispetto al valore di 96 giorni come minimo nell'allevamento più recente), mentre altri hanno raggiunto i 195 giorni di sviluppo. Nella prova, infine, dove tutto il ciclo si è svolto alla fotofase di 12 h, l'intero sviluppo larvale ha variato da 142 a 234 giorni.

Periodo trascorso entro il bozzolo: eopupa e pupa.

Nelle sei prove condotte secondo lo schema esposto nel paragrafo precedente, i bozzoli sono stati mantenuti allo stesso fotoperiodo sperimentato dalle larve.

Per il periodo dalla filatura del bozzolo alla trasformazione della eopupa in pupa (la muta pupale è rivelata, come è noto, dalla comparsa di un dischetto bruno dovuto alla esuvia e visibile per trasparenza al polo caudale del bozzolo) le medie in giorni, nelle prove con sviluppo postembrionale a fotofase di 16 h, sono state di 7,48; 6,70; 8,48, rispettivamente con l'intero ciclo svolto a lunga fotofase, con i soli adulti o con adulti e uova a fotofase di 12 h. I valori minimi sono stati di 3-4 giorni, i massimi di 20-22 (fig. VI).

Nelle tre prove con sviluppo postembrionale a fotofase di 12 h, invece, le medie sono state un poco più elevate e cioè di 10,63; 12,13; 10,47, rispettivamente con adulti e uova a lunga fotofase, con i soli adulti a lunga fotofase, con l'intero ciclo a breve fotofase. Come minimo si sono raggiunti i 5 giorni; come massimo i 20. Tra le medie di ciascuna prova del primo gruppo e le medie di ciascuna prova del secondo gruppo sono rilevabili differenze significative, con probabilità minore dell'1%.

Per lo stato di pupa si sono riscontrati nelle sei prove valori medi di lunghezza in giorni che tendono un poco ad uniformarsi. Per il gruppo con bozzoli mantenuti, come le larve, a fotofase di 16 h, essi sono stati di 14,62; 10,29; 11,78, rispettivamente nell'ordine già seguito per le eopupe; per il gruppo a fotofase di 12 h, di 14,37; 13,58; 14,71, rispettivamente nello stesso ordine seguito per lo stato precedente. Tuttavia differenze di rilievo (significative con la probabilità minore dell'1%) risultano dal confronto della seconda e della terza media del primo gruppo con ciascuna delle quattro rimanenti. Va però messo in evidenza che nei bozzoli si è avuta una certa mortalità nel passaggio da eopupa a pupa e che, per eliminazione degli individui più ritardatari, i valori medi possono aver subito uno spostamento. Tale mortalità, insieme con quella verificatasi al momento dello sfarfallamento (negli allevamenti sovente l'adulto in fase farata non riesce a liberarsi dell'esuvia dopo la fuoriuscita dal bozzolo), è stata senz'altro la causa del fatto che i valori medi dei giorni impiegati dalla schiusura dell'uovo allo sfarfallamento, appaiono, nelle ultime due prove del gruppo con larve allevate a breve fotofase, inferiori alle

medie in giorni dell'intero sviluppo larvale (tab. 1). Evidentemente la morte ha colpito gli individui che avevano avuto uno sviluppo più lento.

Da segnalare, infine, che nell'allevamento svoltosi precedentemente le medie dell'intero periodo trascorso entro il bozzolo (eopupa + pupa), con ciclo di sviluppo sottoposto solo a fotofase di 16 h, sono state di $19,900 \pm 0,433$ per i maschi e di $21,300 \pm 0,366$ per le femmine. Tra di esse esiste differenza significativa con la probabilità minore del 2,5%.

DISCUSSIONE

In relazione con quanto è stato riferito si può dunque ritenere che lo stato di immagine in *Chrysopa flavifrons* non sia particolarmente influenzabile dal diverso fotoperiodo sperimentato riguardo alla longevità e, nelle femmine, al periodo di preovideposizione e, sia pure con qualche riserva, alla fecondità. Tuttavia le femmine mantenute a breve fotofase depongono, rispetto a quelle a lunga fotofase, ovature costituite da un minor numero di germi ma, in compenso, per un numero maggiore di giorni effettivi di ovideposizione. In natura sono state osservate ovature con un numero di germi piuttosto elevato (Principi, 1956b), ma si tratta di rilievi effettuati tra maggio e luglio, in mesi caratterizzati cioè da lunghe fotofasi.

La piccola variazione nel numero di giorni di incubazione delle uova, che negli allevamenti è risultata indipendente dal fotoperiodo, può, per lo meno in parte, essere giustificata dal fatto che di solito in natura si nota una scalare nel tempo delle schiusure dei germi di una stessa ovatura (¹). Il numero dei giorni di incubazione negli allevamenti coincide con quello osservato nei mesi primaverili-estivi nei dintorni di Bologna (²). La temperatura deve avere senz'altro una notevole influenza su tale numero in quanto i minimi di $5\frac{1}{2}$ giorni corrispondono, nella stessa località, ai mesi di luglio-agosto, mentre nei mesi di settembre-ottobre si raggiungono i 9 giorni. A 1000 m sul livello del mare, ed in luglio-agosto, il periodo di incubazione si è protratto per 11 giorni.

Per quanto riguarda l'intero sviluppo larvale, le risposte ottenute con larve esposte a fotofase di 16 h sono state più lunghe nei valori medi di quanto si è osservato in condizioni naturali, nei dintorni di Bologna, nei mesi di luglio-agosto ($19\frac{1}{2}$ -32 giorni). A queste cifre si avvicinano solo i valori minimi.

Se ora consideriamo separatamente i singoli stadi, vediamo che la prima età (la cui lunghezza in giorni è apparsa indipendente dal fotoperiodo sperimentato dallo stadio stesso o da quello sperimentato dall'embrione e dalla madre) ha avuto uno sviluppo più lungo rispetto a quanto si è osservato in

(¹) Negli allevamenti, infatti, le uova di ogni ovatura venivano, poco dopo la ovideposizione, isolate nei tubi dove si sarebbero sviluppate le larve. I rilievi della schiusura si facevano una volta al giorno.

(²) Per i reperti in natura cfr. Principi, 1956b.

natura dove, in luglio, si sono raggiunti minimi di 5 giorni e solo in settembre-ottobre le lunghezze sono state di poco inferiori a quelle degli allevamenti.

Per la seconda età i valori medi degli allevamenti sono stati, invece, solo di poco superiori alle lunghezze (di 7-11 giorni) verificatesi in natura in luglio; per la terza età (fino alla filatura del bozzolo) essi sono risultati ancora più vicini ai valori di 7-14 giorni riscontrati in natura in luglio-agosto.

Il ritardo registrato per l'intero sviluppo larvale nelle camere di allevamento a fotofase di 16 h, rispetto al comportamento in ambiente naturale, appare dunque prevalentemente imputabile alle larve del primo stadio. Pur non trascurando di considerare che le condizioni di temperatura nelle camere climatizzate non erano le stesse dell'ambiente naturale, è nella dieta somministrata che forse va ricercata la causa principale di ciò. Essa infatti, per predatori ancora di dimensioni molto piccole, costituisce pasti di non sempre facile conquista e consumazione ⁽¹⁾.

Esaminamo ora il comportamento delle larve allevate a fotofase di 12 h, ponendo le risposte ottenute a confronto con i rilievi condotti in natura. Come è stato messo in evidenza, sono le larve di seconda e, soprattutto, di terza età, dell'ultima o eventualmente della penultima generazione, che sono destinate ad attraversare l'inverno. Anche in natura durante l'ibernamento non è osservato un digiuno completo.

Le prove nelle camere climatizzate hanno dimostrato che l'esposizione ad una breve fotofase (di 12 h) provoca un rallentamento notevole dello sviluppo, che si manifesta a incominciare dalla seconda età. In ambiente naturale, nei mesi di settembre-ottobre (con fotofasi che tendono a diminuire fino ai valori dell'equinozio, per poi raccorciarsi ulteriormente), le larve sottoposte ad osservazione hanno impiegato, dalla 1^a alla 2^a muta, da 17 a 30 giorni. Le medie ottenute negli allevamenti sono comprese entro tali valori. Si è già detto, però, che ad alcune è riservato il destino di ibernare senza subire la muta nell'annata. La terza età è decisamente lo stadio che manifesta il rallentamento di sviluppo più marcato (gli esperimenti in corso permetteranno di accertare l'importanza che può avere su tale rallentamento l'esperienza fotoperiodica degli stadi precedenti). In condizioni naturali le lunghezze massime, dalla 2^a muta alla filatura del bozzolo, hanno raggiunto i 7 mesi, da ottobre ad aprile, cioè oltre i 200 giorni. Il bozzolo dunque, anche in natura, viene costruito in condizioni di fotoperiodo non molto diverse da quelle dell'equinozio. I valori medi delle lunghezze in giorni ottenute negli allevamenti risultano un poco inferiori, ma i massimi li superano. Si deve però tenere presente che nelle camere climatizzate la temperatura era mantenuta sui 21 °C per tutte le prove e che le larve, quindi, non erano sottoposte ai rigori invernali che sopportano in natura.

⁽¹⁾ Pasqualini (1975) ha messo in evidenza, in *Chrysopa carnea* Steph., che il nutrimento a base di larve del Piralide provoca un rallentamento di sviluppo soprattutto evidente nella prima età larvale e meno accentuato nella seconda.

Rimane confermato che in *Chrysopa flavifrons* il principale fattore responsabile del rallentamento di sviluppo negli stadi ibernanti è il fotoperiodo. Il comportamento manifestato sembrerebbe doversi ascrivere a quella particolare condizione di « dormienza » che ancora non presenta le caratteristiche tipiche della diapausa e che Mansingh (1971) classifica come « oligopausa ».

La lunghezza complessiva del periodo trascorso entro il bozzolo è stata in natura di 15-30 giorni in aprile-maggio; di 13-16 giorni in giugno-luglio-agosto; di 19 giorni in agosto-settembre. Le medie ottenute negli allevamenti, con fotofase di 16 h, rientrano nei valori registrati in primavera-estate. Come si è riferito essi risultano un poco più brevi per il sesso maschile. La muta pupale, quando lo sviluppo preimmaginale si svolge a breve fotofase, avviene con un lieve ritardo rispetto a quanto si verifica nei bozzoli degli allevamenti a lunga fotofase. La lunghezza dello stato di pupa non sembrerebbe risentire del diverso regime fotoperiodico.

RIASSUNTO

Chrysopa flavifrons Brauer è una specie le cui larve sono « portatrici di fardello ». Essa svolge in Italia tre generazioni in un anno e oltrepassa l'inverno come larva di seconda o, più frequentemente, di terza età. Sono destinate all'ibernamento le larve della 3ª generazione o, eventualmente, qualche ritardataria della 2ª. Durante l'inverno esse non rimangono sempre immobili e talora prendono qualche pasto.

In allevamenti condotti in camere climatizzate (con temperatura di $21^{\circ} \pm 1^{\circ} \text{C}$ e UR dell' $80 \pm 5\%$) si sono sperimentati sui vari stadi dell'ontogenesi due diversi fotoperiodi, uno con fotofase di 16 h e l'altro con fotofase di 12 h.

Si è così potuto rilevare che, mentre la prima età larvale presenta una lunghezza indipendente dal fotoperiodo da essa sperimentato o da quello sperimentato dagli stadi che l'hanno preceduta (dall'embrione, cioè, e dalla madre), la seconda età incomincia a presentare, quando le larve sono mantenute a breve fotofase, un notevole prolungamento rispetto a quanto avviene nelle larve allevate a lunga fotofase. Tale prolungamento è ancora più accentuato nella terza età la quale, per le larve mantenute a breve fotofase, raggiunge, fino alla filatura del bozzolo, valori medi di 170 giorni di lunghezza, rispetto a valori medi che superano di poco i 12 giorni per le larve mantenute a lunga fotofase. Anche il periodo compreso tra la filatura del bozzolo e la muta pupale appare un poco più lungo quando l'allevamento è condotto a breve fotofase. Per lo stato di pupa, invece, si hanno lunghezze che tendono ad uniformarsi. L'intero periodo trascorso entro il bozzolo è risultato un poco più breve per il sesso maschile, rispetto a quello femminile. In una sperimentazione in corso ci si propone di accertare l'eventuale influenza sul prolungamento di sviluppo verificatosi a breve fotofase per la seconda e per la terza età, dell'esperienza fotoperiodica degli stadi larvali precedenti e di quella subita dall'embrione e dalla madre, per ora non delineatasi con chiarezza.

Gli adulti non sembrano risentire del fotoperiodo da loro sperimentato per quanto riguarda la longevità, la lunghezza del periodo di preovideposizione e di quello di ovideposizione e, con una certa riserva, la fecondità. Le femmine mantenute a breve fotofase depongono tuttavia ovature con un minor numero di germi rispetto al numero di germi delle ovature delle femmine mantenute a lunga fotofase. In compenso, nell'ambito dell'intero periodo di ovideposizione, esse depongono per un numero superiore di giorni effettivi.

I comportamenti rilevati sperimentalmente vengono discussi e messi in rapporto con quelli osservati in natura, nell'intento altresì di pervenire ad una interpretazione del loro determinismo alla luce di quanto oggi è noto sull'azione esplicata dal fotoperiodo come fattore di regolazione dei cicli degli Insetti.

Influence of photoperiod on the development cycle of *Chrysopa flavifrons* Brauer (Neuroptera, Chrysopidae).

S U M M A R Y

The larvae of *Chrysopa flavifrons* Brauer are debris-carriers; in Italy this species has three generations a year and overwinters as a second instar, or, more often, a third instar larva of the third generation or, occasionally, of the second generation. During the winter the larvae do not always keep still and now and then take some food.

Two different photoperiods, one with a day length of 16 hours, the other with a day length of 12 hours, were tested on the different ontogenic stages in climatic chambers at $21^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ and R.H. $80 \pm 5\%$.

Thus it has been shown that, while the length of the first larval instar is not related to photoperiods experienced by it or by the foregoing stages (that is by the embryo or by the mother), the development period of the second instar, when the larvae are kept in short day conditions, lasts noticeably more than in the larvae reared in long day conditions. Such lengthening is even more remarkable in the third instar, reaching for the larvae kept in short day conditions an average of 170 days till the time of cocoon spinning, in comparison with mean rates slightly exceeding 12 days for the larvae kept under long day conditions. When the rearing is maintained under short day length, also the period between cocoon spinning and pupal ecdysis is a little longer. Instead, the duration of the pupal stage under different photoperiods tends to be uniform. It results that the whole period within the cocoon is a little shorter for the male sex than for the female sex. The authors, in experiments which they are carrying out, intend to ascertain the possible influence of photoperiods experienced by the foregoing larval instars (and by the embryo and mother not yet clearly shown) on the lengthening of development observed under short day conditions for the second and third instars.

As regards the length of life, duration of preoviposition and oviposition periods and, with some reservations, fecundity, adults do not appear to be sensitive to photoperiod experienced by themselves. Females maintained under short day conditions, lay, however, egg-clusters with a less number of eggs in comparison with those laid by females kept under long day conditions. In return, during the whole oviposition period, they lay eggs for a greater number of effective days.

Finally, the behaviours pointed out experimentally are discussed and related to those observed in nature, with the intent, also, to come to an interpretation of their determinism in the light of present knowledge on the influence exerted by photoperiod as a factor controlling life-cycles of Insects.

BIBLIOGRAFIA CITATA

- BECK S. D., 1968. - Insect photoperiodism. - Academic Press, New York & London, 288 pp.
CANARD M., 1973. - Voltinisme, diapause et sex-ratio de *Chrysopa perla* (L.) (Neuroptera, Chrysopidae) dans le Sud-Ouest. - *Ann. Zool.-Ecol. anim.*, 5: 29-37.
CARLI SILVANI S., 1971. - La costituzione dell'apparato boccale negli adulti di

- alcune specie del gen. *Chrysopa* Leach (Insecta Neuroptera) in rapporto con il loro regime dietetico. - *Atti VIII Congr. naz. ital. Ent.*, Firenze, 4-7 sett. 1969: 108-110.
- DANILEVSKII A. S., 1965. - Photoperiodism and seasonal development of Insects. - Oliver & Boyd, Edinburgh & London, 283 pp.
- DE WILDE J., 1970. - Hormones and insect diapause. - In: BENSON G. K. and PHILLIPS J. G., *Hormones and the environment*, Cambridge Univ. Press, Cambridge, 629 pp.: 487-514.
- , 1975. - An endocrine view of metamorphosis, polymorphism, and diapause in Insects. - *Amer. Zool.*, 15, Suppl. 1: 13-27.
- DOANE W. W., 1973. - Role of hormones in insect development. - In: COUNCE S. J. & WADDINGTON C. H., *Developmental systems: Insects*, II, Academic Press, London & New York, 546 pp.: 291-497.
- HÖLZEL H., 1970. - Zur generischen Klassifikation der paläarktischen Chrysopinae. Eine neue Gattung und zwei neue Untergattungen der Chrysopidae (Planipennia). - *Z. Arbeitsgem. Österr. Ent.*, 22: 44-52.
- HONĚK A., 1973a. - Relationship of colour changes and diapause in natural populations of *Chrysopa carnea* Steph. (Neuroptera, Chrysopidae). - *Acta ent. bohemoslov.*, 70: 254-258.
- , 1973b. - Induction of a winter coloration in *Chrysopa carnea* Steph. (Neuroptera: Chrysopidae). - *Věst. českoslov. společn. Zool.*, 37: 253-257.
- HONĚK A., HODEK I., 1973. - Diapause of *Chrysopa carnea* (Chrysopidae: Neuroptera) females in the field. - *Věst. českoslov. společn. Zool.*, 37: 95-100.
- KOWALSKA T., 1971a. - Influenza della temperatura e del fotoperiodo sulla biologia della Crisopa comune *Chrysopa carnea* Stephens. (In russo) - *Proc. XIII-th Int. Congr. Ent.*, Mosca, 1968, II: 159.
- , 1971b. - The effect of environmental factors on the life cycle of *Chrysopa carnea* Steph. (Neuroptera, Chrysopidae). - *Ekol. Polska*, 19: 387-400.
- MACLEOD E. G., 1967. - Experimental induction and elimination of adult diapause and autumnal coloration in *Chrysopa carnea* (Neuroptera). - *J. Insect Physiol.*, 13: 1343-1349.
- MANSINGH A., 1971. - Physiological classification of dormancies in Insects. - *Can. Ent.*, 103: 983-1009.
- PASQUALINI E., 1975. - Prove di allevamento in ambiente condizionato di *Chrysopa carnea* Steph. (Neuroptera, Chrysopidae). - *Boll. Ist. Ent. Univ. Bologna*, 32: 291-304.
- PRINCIPI M. M., 1947. - Contributi allo studio dei Neurotteri italiani. V. Ricerche su *Chrysopa formosa* Brauer e su alcuni suoi parassiti. - *Boll. Ist. Ent. Univ. Bologna*, 16: 134-175.
- , 1956a. - Reperti etologici su di un raro Neurottero Crisopide, l'*Hypochrysa nobilis* Schneider. - *Atti Acc. Sc. Ist. Bologna, Rend.*, Ser. XI, 3: 1-3.
- , 1956b. - Contributi allo studio dei Neurotteri italiani. XIII. Studio morfologico, etologico e sistematico di un gruppo omogeneo di specie del gen. *Chrysopa* Leach (*C. flavifrons* Brauer, *prasina* Burm. e *clathrata* Schn.). - *Boll. Ist. Ent. Univ. Bologna*, 21: 319-410.
- PRINCIPI M. M., CASTELLARI P. L., 1970. - Ibernamento e diapausa in alcune specie di Crisopidi (Insecta Neuroptera) viventi in Italia. - *Atti Acc. Sc. Ist. Bologna, Rend.*, Ser. XII, 7: 75-83.
- PROPP G. D., TAUBER M. J., TAUBER C. A., 1969. - Diapause in the neuropteran *Chrysopa oculata*. - *J. Insect Physiol.*, 15: 1749-1757.
- SHELDON J. K., MACLEOD E. G., 1974a. - Studies on the biology of the Chrysopidae IV. A field and laboratory study of the seasonal cycle of *Chrysopa carnea*

- Stephens in central Illinois (Neuroptera: Chrysopidae). - *Trans. amer. ent. Soc.*, 100: 437-512.
- , 1974b. - Studies on the biology of the Chrysopidae V. The developmental and reproductive maturation rates of *Chrysopa carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). - *Ent. News*, 85: 159-169.
- TAUBER M. J., TAUBER C. A., 1969. - Diapause in *Chrysopa carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) I. Effect of photoperiod on reproductively active adults. - *Can. Ent.*, 101: 364-370.
- , 1970a. - Photoperiodic induction and termination of diapause in an Insect: response to changing day lengths. - *Science*, 167: 170.
- , 1970b. - Adult diapause in *Chrysopa carnea*: stages sensitive to photoperiodic induction. - *J. Insect Physiol.*, 16: 2075-2080.
- , 1972a. - Geographic variation in critical photoperiod and in diapause intensity of *Chrysopa carnea* (Neuroptera). - *J. Insect Physiol.*, 18: 25-29.
- , 1972b. - Larval diapause in *Chrysopa nigricornis*: sensitive stages, critical photoperiod, and termination (Neuroptera: Chrysopidae). - *Ent. exp. & appl.*, 15: 105-111.
- , 1973a. - Nutritional and photoperiodic control of the seasonal reproductive cycle in *Chrysopa mohave* (Neuroptera). - *J. Insect Physiol.*, 19: 729-736.
- , 1973b. - Seasonal regulation of dormancy in *Chrysopa carnea* (Neuroptera). - *J. Insect Physiol.*, 19: 1455-1463.
- , 1973c. - Diversification and secondary intergradation of two *Chrysopa carnea* strains (Neuroptera: Chrysopidae). - *Can. Ent.*, 105: 1153-1167.
- , 1974. - Thermal accumulations, diapause, and oviposition in a conifer-inhabiting predator, *Chrysopa harrisii* (Neuroptera). - *Can. Ent.*, 106: 969-978.
- TAUBER M. J., TAUBER C. A. and DENYS C. J., 1970a. - Diapause in *Chrysopa carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) II. Maintenance by photoperiod. - *Can. Ent.*, 102: 474-478.
- , 1970b. - Adult diapause in *Chrysopa carnea*: photoperiodic control of duration and colour. - *J. Insect Physiol.*, 16: 949-955.
- WILLIAMS C. M., 1969. - Photoperiodism and the endocrine aspects of insect diapause. - In: *Symposia of the Society for experimental Biology. XXIII. Dormancy and Survival*, Cambridge University Press, Cambridge, 598 pp.: 285-300.
- ZASLAVSKY V. A., 1974. - The principles of photoperiodic control of arthropod development. - *Zhur. Obsct. Biol.*, 35: 717-736.